

## 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau  
von Makro bis Nano /  
Mechanical Engineering  
from Macro to Nano**

**Proceedings**

Fakultät für Maschinenbau /  
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

## Impressum

|  |   |
|--|---|
| Herausgeber:                                 | Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau<br>Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff  |
| Redaktion:                                   | Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten<br>Andrea Schneider<br><br>Fakultät für Maschinenbau<br>Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,<br>Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,<br>Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,<br>Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,<br>Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,<br>Dipl.-Ing. Silke Stauche |
| Redaktionsschluss:<br>(CD-Rom-Ausgabe)       | 31. August 2005   |
| Technische Realisierung:<br>(CD-Rom-Ausgabe) | Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau<br>Dipl.-Ing. Christian Weigel<br>Dipl.-Ing. Helge Drumm<br>Dipl.-Ing. Marco Albrecht  |
| Technische Realisierung:<br>(Online-Ausgabe) | Universitätsbibliothek Ilmenau<br><a href="#">ilmedia</a><br>Postfach 10 05 65<br>98684 Ilmenau   |
| Verlag:                                      | <br>Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.<br>Werner-von-Siemens-Str. 16<br>98693 Ilmenau   |

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

|                        |               |                     |
|------------------------|---------------|---------------------|
| ISBN (Druckausgabe):   | 3-932633-98-9 | (978-3-932633-98-0) |
| ISBN (CD-Rom-Ausgabe): | 3-932633-99-7 | (978-3-932633-99-7) |

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

**T. Machleidt, K.-H. Franke, S. Czerkas, K. Dirscherl, H. Bosse**

## **Analyse der Fehlerquellen und Verringerung der Störungsempfindlichkeit bei ausgewählten SFM-Sondenrekonstruktionsverfahren.**

### **ABSTRACT**

In der letzten Zeit wird die Rasterkraftmikroskopie (SFM oder AFM genannt) vermehrt für Messungen der Linienbreite kleiner Strukturen (CD Metrologie) eingesetzt. Für absolute Messungen der Breite ist die Kenntnis der genauen Sondenform notwendig.

Zur Ermittlung der Spitzengeometrie anhand von AFM Messungen an geeigneten Proben gibt es in der Literatur verschiedene Ansätze, welche detailliert untersucht und bewertet wurden. Werden nur die geometrischen Effekte der Abtastung betrachtet, so können diese durch die mathematische Morphologie beschrieben werden. Das heißt der Prozess der Abtastung ist durch eine Dilatation der Probenoberfläche mit der eingesetzten Tastspitze beschrieben. Als besonders kritisch hat sich der Einfluss von Störungen auf die Tastspitzenrekonstruktion herausgestellt. Neben sogenannten Artefakten kann das im Allgemeinen weiße Signalrauschen zu verfälschten Ergebnissen einer Sondenrekonstruktion führen. Es wird gezeigt, wie der Einfluss dieser Störungen durch geeignete Bildverarbeitungsalgorithmen und Änderungen an bekannten Rekonstruktionsverfahren minimiert werden kann. Auch andere Fehlerquellen bei der Sondenrekonstruktion, wie nicht perfekte Proben werden analysiert.

### **Bewertung und Erweiterung der Methoden zur Rekonstruktion der Messspitze**

Wie bereits erwähnt, ergab die Analyse der geometrischen Wechselwirkungen, dass der Abbildungsprozess mittels mathematischer Morphologie zu beschreiben ist [1, 2]. Eine Rekonstruktion der Messdaten kann nur bei bekannter Tastspitzenform erfolgen. Die Verfahren zur Ermittlung der Form der Tastspitze wurden von den Autoren analysiert und bewertet [3, 1]. Die Rekonstruktion der Messspitzenform kann durch unterschiedliche Methoden erfolgen. In [4] wurden die verschiedenen Möglichkeiten miteinander verglichen. Fazit dieser Untersuchungen ist, dass es

derzeit keine optimale Methode zur Bestimmung der AFM-Spitzenform gibt. Viele der dargestellten Methoden liefern 2D-Schnitte der Messspitze [5]. Diese Art der Beschreibung reicht aber wegen der dreidimensionalen Interaktion der Messspitze mit der Probe für die Bewertung der Spitze und für die 3D-Rekonstruktion der Messdaten nicht aus. 3D „tip-analyzer“ Strukturen wie in [5] beschrieben, liefern eine gute Beschreibung der kompletten Messspitze. Das Regelungssystem der Messsysteme bildet dabei das größte Problem beim Abtasten dieser 3D-Strukturen. Jedes Überspringen des Systems würde sich direkt in der Messspitzenform und damit im Spitzenradius widerspiegeln. Das Verhalten des Cantilevers (Auslenkung horizontal und vertikal, Torsion) an 3D-Strukturen ist bislang nicht ausreichend untersucht worden.

Untersuchungen an Standards mit scharfen Spitzen [6] zeigten, dass die starken physikalischen Wechselwirkungen zwischen den beiden Spitzen Artefakte in den Messdaten hervorrufen und damit zu unbrauchbaren Rekonstruktionen führen. Die Methodik der Blind Tip Estimation [7] kann theoretisch zur Berechnung der 3D-Spitzenform genutzt werden. Aus theoretischen Überlegungen und praktischen Untersuchungen lässt sich ableiten und zeigen, dass die genannten Verfahren sehr stark von der Qualität der Messdaten abhängen. Ohne regularisierende Maßnahmen führen sie nur für künstliche, gutmütige „Messdaten“ zu positiven Tasterschätzungen [1]. Es konnten geeignete Methoden zur Vorverarbeitung der Messdaten entwickelt und darüber hinaus das Verfahren für den praktischen Einsatz an AFM-Messdaten erweitert werden [1, 8].

#### **Literatur- bzw. Quellenhinweise:**

- [1] Machleidt T., Franke K.-H.: "Methods for Reconstruction of Atomic Force Microscope Data Based on Morphological Image Processing", MicroNano Integration, Knobloch H., Kaminorz Y., 2004, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [2] J.S. Villarrubia, Morphological estimation of tip geometry for scanned probe microscopy, Surface Science 321 (1994), 287-300
- [3] Machleidt T., Franke K.-H.: „Einsatz der Bildverarbeitung bei der Auswertung von AFM-Dateien“, 48. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium Technische Universität Ilmenau, 22.-25. September 2003
- [4] S. Czerkas, T. Dziomba, H. Bosse, Comparison of different methods of SPM tip shape determination for various characterization structures and types of tip, Nanoscale, PTB Braunschweig, 25.-26. März 2004
- [5] H. Hübner, W. Morgenroth, H.G. Meyer, Th. Sulzbach, B. Brendel, W. Mirandé: "Downwards to metrology in nanoscale: determination of the AFM Tip-shape with well-known sharp-edged calibration structures", Appl. Phys., 2003
- [6] V. Bykov, A. Gologanov, V. Shevyakov, Test structure for SPM tip shape deconvolution, Applied Physics A, 66 (1998) 499-502
- [7] J.S. Villarrubia, Algorithms for Scanned Probe Microscope Image Simulation, Surface Reconstruction and Tip Estimation, Journal of Research of National Institute of Standards and Technology, 102 (1997)
- [8] Machleidt T., Franke K.-H.: "Investigation in AFM-Image reconstruction and geometric assessment of AFM tips", NanoScale II 13<sup>th</sup> – 15<sup>th</sup> October 2004 in Grenoble, France

#### **Autorenangaben:**

Dipl.-Ing. T. Machleidt, PD Dr.-Ing. habil. K.-H. Franke  
TU Ilmenau, FG Graphische Datenverarbeitung  
PF 100565, D-98684 Ilmenau  
Tel.: +49 / 3677 / 695068  
Fax: +49 / 3677 / 695070  
E-mail: [torsten.machleidt@tu-ilmenau.de](mailto:torsten.machleidt@tu-ilmenau.de)  
E-mail: [karl-heinz.franke@prakinf.tu-ilmenau.de](mailto:karl-heinz.franke@prakinf.tu-ilmenau.de)

Dr. S. Czerkas, Dr. K. Dirscherl, Prof. Dr. H. Bosse  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Bundesallee 100, D 38116 Braunschweig  
Tel.: +49/531/5925184  
Fax: +49/531/5925182  
E-mail: [Slawomir.Czerkas@ptb.de](mailto:Slawomir.Czerkas@ptb.de)  
E-mail: [Kai.Dirscherl@ptb.de](mailto:Kai.Dirscherl@ptb.de)